



SCHOOLS
GO GREEN

Projekt współfinansowany w
ramach programu Unii Europejskiej
Erasmus+



SCHOOLS
GO GREEN

Numer projektu: 2020-1-DE03-KA201-077258

M7: Zmiana klimatu

Instytut Ochrony Środowiska-Państwowy Instytut Badawczy

PODRĘCZNIK DLA NAUCZYCIELI



Projekt ten został sfinansowany przy wsparciu Komisji Europejskiej. Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

Informacje o projekcie

PROJEKT: Schools Go Green

TYTUŁ PROJEKTU: DEVELOPING A WHOLE-SCHOOL APPROACH TO PROMOTE SOCIAL CHANGE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A RESPONSE TO ENVIRONMENTAL CHALLENGES

AKRONIM: SCHOOLS GO GREEN

STRONA PROJEKTU: <https://schoolsgogreen.eu/pl/>

NR PROJEKTU: 2020-1-DE03-KA201-077258

KOORDYNATOR PROJEKTU: LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER, GERMANY








Spis treści

Informacje o projekcie.....	2
Spis treści.....	3
Symbole	4
Główne cele modułu	5
1. Wprowadzenie	6
2. Jaka jest różnica między pogodą a klimatem?	6
3. Czym jest zmiana klimatu	7
3.1. Efekt cieplarniany	7
3.2. Skąd wiemy, że klimat się zmienia	9
4. Co powoduje zmianę klimatu?	14
4.1. Naturalne przyczyny zmiany klimatu.....	15
4.2. Antropogeniczne przyczyny zmiany klimatu	15
5. Jakie są skutki zmiany klimatu.....	17
6. Jakie są rozwiązania problemów powodowanych przez zmianę klimatu?	21
6.1. Przeciwdziałanie zmianie klimatu – mitygacja	22
6.2. Przystosowanie do zmiany klimatu – adaptacja.....	24
7. Dodatkowe zasoby	27
8. Dodatkowe wytyczne	27

Symbole

Symbol	Znaczenie
	Definicja
	Studium przypadku
	Dodatkowe zasoby
	Rady
	Aktywności
	Przypomnienie
	Wideo



Główne cele modułu

Celem modułu „Zmiany klimatu” jest przekazanie uczniom szkół podstawowych informacji, które są ważne dla poznania i zrozumienia zmian klimatu – jakie są przyczyny i skutki oraz jakie są rozwiązania. Moduł zawiera podręcznik dla nauczycieli, prezentacje do wykorzystania w klasie, plany lekcji dla grup wiekowych 6-9 i 10-12 oraz bank danych z dodatkowymi zasobami.

Tematy:

- 1) Jaka jest różnica między pogodą a klimatem?
- 2) Co to jest zmiana klimatu?
- 3) Co powoduje zmianę klimatu?
- 4) Jakie są skutki zmiany klimatu?
- 5) Jakie są rozwiązania problemów powodowanych przez zmianę klimatu?

Cele:

- Uczniowie zrozumieją, czym jest zmiana klimatu, skąd wiemy, że klimat się zmienia i jakie są tego przyczyny
- Uczniowie będą w stanie opisać skutki zmiany klimatu i rozwiną świadomość i empatię dla ludzi i społeczności dotkniętych skutkami zmiany klimatu
- Uczniowie zrozumieją, jak decyzje, które podejmują przyczyniają się do zmiany klimatu i będą w stanie zaproponować różne działania, które jednostki, społeczności i decydenci mogą podjąć, aby przeciwdziałać zmianie klimatu



1. Wprowadzenie

Istnieją przytłaczające dowody naukowe na to, że od początku XX wieku w globalnym klimacie zaszły głębokie zmiany i że zarówno te zmiany jak i te które będą miały miejsce w przyszłości są w dużej mierze spowodowane działalnością człowieka – uwalnianiem ogromnych ilości gazów cieplarnianych podgrzewających Ziemię. Zmiana klimatu to globalne zagrożenie, które już wywiera wpływ na życie milionów ludzi na całym świecie – na zasoby naturalne, gleby, oprawy i samych ludzi, zwłaszcza najbardziej potrzebujących. Sprawia to, że kwestie zmiany klimatu, które w nadchodzących dziesięcioleciach wywrą wpływ na życie uczniów, są ważnym tematem wymagającym uwzględnienia w programie nauczania.

Materiał w tym podręczniku został przygotowany na podstawie:

- <https://climatekids.nasa.gov/> oraz <https://climate.nasa.gov/>
- IPCC, Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers.
- Zabel, I. H. H., D. Duggan-Haas, and R. M. Ross (eds.), 2017, The Teacher-Friendly Guide to Climate Change. Paleontological Research Institution, Ithaca, New York.

2. Jaka jest różnica między pogodą a klimatem?



Pogoda to zestaw aktualnie występujących warunków atmosferycznych determinowanych przez takie parametry jak temperatura, wilgotność, opady i wiatr. Pogoda opisuje warunki w danym momencie w konkretnym miejscu. Przykładowo jeśli teraz pada deszcz, to jest to sposób na opisanie aktualnej pogody. Deszcz, śnieg, wiatr, huragany, tornada – to wszystko zjawiska pogodowe.

Z drugiej strony klimat to coś więcej niż jeden lub dwa deszczowe dni. Klimat opisuje warunki pogodowe panujące w danym regionie w określonej porze roku. Czy zazwyczaj jest deszczowo czy sucho? Czy zazwyczaj jest gorąco czy zimno? Klimat to całość zjawisk pogodowych występujących na określonym obszarze w dłuższym okresie, ustalony na podstawie obserwacji trwających ponad 30 lat.



Zobacz również: LEKCJA POGODY Z IMGW-PIB. Klimat? Czy leci z nami klimat?!

https://imgw.pl/sites/default/files/2021-03/dla-nauczyciela_czy-leci-z-nami-klimat.pdf

3. Czym jest zmiana klimatu



Zmiana klimatu to wielkoskalowa, długoterminowa zmiana wzorców pogodowych, takich jak średnie temperatury czy opady. Zmiana klimatu opisuje zmianę typowej pogody dla regionu — na przykład wysokie i niskie temperatury oraz ilość opadów — w długim okresie.

3.1. Efekt cieplarniany

Efekt cieplarniany to proces, w którym gazy znajdujące się w atmosferze ziemskiej zatrzymują ciepło słoneczne. Proces ten sprawia, że Ziemia jest znacznie cieplejsza niż byłaby bez atmosfery.

Efekt cieplarniany to zjawisko wzrostu temperatury planety powodowane przez obecność w jej atmosferze gazów cieplarnianych (w porównaniu do sytuacji, w której nie ma gazów cieplarnianych). Efekt cieplarniany powoduje podniesienie temperatury powierzchni Ziemi o 33°C. Bez efektu cieplarnianego nasza planeta byłaby cała skuta lodem, a średnia temperatura wynosiłaby -18°C zamiast +15°C. Bez gazów cieplarnianych i ich efektu ocieplającego nie byłibyśmy w stanie przetrwać.



Wersja dla młodszych uczniów

Efekt cieplarniany działa... jak szklarnia! Szklarnia to budynek ze szklanymi ścianami i szklanym dachem. W szklarni jest ciepło nawet zimą. To dlatego, że szklane ściany szklarni zatrzymują ciepło słoneczne. W ciągu dnia światło słoneczne wpada do szklarni i ogrzewa rośliny i powietrze wewnątrz. W nocy na zewnątrz jest chłodniej, ale wewnątrz szklarni jest dość ciepło. Szklarnie służą do uprawy roślin, takich jak pomidory i tropikalne kwiaty.

Efekt cieplarniany działa w bardzo podobny sposób. W ciągu dnia promienie słońca świecą przez atmosferę i nagrzewają powierzchnię Ziemi. W nocy powierzchnia Ziemi ochładza się, uwalniając ciepło z powrotem do powietrza. Gazy w atmosferze, takie jak dwutlenek węgla, zatrzymują część tego ciepła i powstrzymują jego ucieczkę w przestrzeń, podobnie jak szklany dach szklarni.



Paxi – Efekt cieplarniany. Film dla dzieci.

[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/05/Paxi -
_The_Greenhouse_Effect/\(lang\)/pl](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2018/05/Paxi_-_The_Greenhouse_Effect/(lang)/pl)



Wersja dla starszych uczniów

Kiedy promieniowanie słoneczne dociera do Ziemi, większość promieniowania widzialnego i o krótkiej długości fali przechodzi prosto przez atmosferę do powierzchni Ziemi. Ziemia pochłania większość tego promieniowania, nagrzewa się i wypromieniowuje część energii w postaci promieniowania podczerwonego (cieplnego).

Gazy cieplarniane znajdujące się w atmosferze zatrzymują większość tego promieniowania podczerwonego, zamiast wypuszczać je w przestrzeń kosmiczną i atmosfera podgrzewa się. Proces ten znany jest jako „efekt cieplarniany”.



MKiŚ. Lekcje z klimatem. Efekt cieplarniany – animacja.

<https://www.youtube.com/watch?v=nliJ8gPobQ&t=6s>

MKiŚ. Jak działa nasilony efekt cieplarniany?

https://www.youtube.com/watch?v=HXYfT_GrWig

Instytut Chemii Fizycznej PAN. Dwutlenek węgla i efekt cieplarniany.

<https://www.youtube.com/watch?v=yFx4vBal6XU>



Efekt cieplarniany – ABC

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/efekt-cieplarniany-abc/>

Efekt cieplarniany – jak to działa

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/efekt-cieplarniany-jak-to-dziala-70/>

Efekt cieplarniany dla średniozaawansowanych

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/efekt-cieplarniany-dla-średniozaawansowanych-1-termiczna-struktura-atmosfery-408/>

Gazy zatrzymujące ciepło, zwane gazami cieplarnianymi, pochodzą zarówno ze źródeł antropogenicznych, jak i naturalnych. Gazy cieplarniane takie jak dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu naturalnie występują w atmosferze. Inne, takie jak halowęglowodory, powstają wyłącznie w wyniku działalności człowieka.

Dwutlenek węgla (CO₂) pochodzi ze spalania paliw kopalnych, erupcji wulkanicznych, rozkładu roślin i procesów oddychania organizmów. Dwutlenek węgla powstaje również w wyniku zmiany użytkowania gruntów i wylesiania, procesów, które skutkują uwolnieniem węgla zmagazynowanego w biomacie i mniejszą akumulacją węgla w glebie i biomacie.

Metan (CH₄) powstaje w wyniku rozkładu materii organicznej, występuje w kopalniach gazu i węgla oraz na terenach podmokłych. Źródłem większości emisji metanu jest działalność człowieka – górnictwo (węgiel, gaz ziemny, ropa naftowa) i rolnictwo (uprawa ryżu i fermentacja jelitowa i odchody zwierząt).



Metan w środowisku

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/metan-w-srodowisku/>

Podtlenek azotu (N₂O) powstaje w wyniku mikrobiologicznych procesów nityfikacji i denityfikacji zachodzących w glebach, czyli przemian związków azotu zachodzących pod wpływem organizmów. Źródłem podtlenku azotu są również oceany, głównie w ujściach rzek i w wodach przybrzeżnych, gdzie N₂O jest wytwarzany przez bakterie przekształcające związki azotu w substancje odżywcze.



Najistotniejszym źródłem tego związku związanym z działalnością człowieka jest rolnictwo – stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych oraz produkcja zwierzęca, głównie składowanie i gospodarka odpadami zwierzęcymi.

Fluorowane gazy cieplarniane powstają wyłącznie w wyniku działalności człowieka. Są to substancje chemiczne zawierające w swojej cząsteczce fluor i należą do nich wodorofluorowęglowodory (HFC), perfluorowęglowodory (PFC) oraz heksafluorek siarki (SF₆, sześćfluorek siarki). Stosowane są między innymi jako czynniki chłodnicze w chłodnictwie oraz klimatyzacji, czynniki spieniające do produkcji pianek i wyrobów zawierających pianki, ponadto stosowane są jako środki gaśnicze w ochronie przeciwpożarowej, rozpuszczalniki do czyszczenia metalowych części oraz elementów układów elektronicznych, gaz izolujący w rozdzielnicach wysokiego napięcia w elektroenergetyce oraz gazy pędne do produkcji aerozoli.

3.2. Skąd wiemy, że klimat się zmienia

Klimat Ziemi ulega nieustannym zmianom — zmiany klimatu miały miejsce na długo przed pojawieniem się ludzi. Większość z nich przypisuje się bardzo małym zmianom orbity Ziemi, które zmieniają ilość energii słonecznej, którą Ziemia otrzymuje.

Do zbierania danych, które pokazują jak zmienia się klimat naukowcy wykorzystują stacje pogodowe, boje oceaniczne i różne instrumenty teledetekcyjne. Dostarczają one wielu rodzajów informacji o stanie powierzchni ziemi, atmosferze, oceanach i pokrywie lodowej.

Naukowcy badają:

- drzewa (kolor i szerokość słoju wskazują, ile lat ma drzewo i jakie były warunki pogodowe w każdym roku życia tego drzewa; np. grubsze słoje powstają w ciepłych, wilgotnych latach, a cieńsze gdy jest zimno i sucho)
- rdzenie lodowe pochodzące z Grenlandii, Antarktydy i tropikalnych lodowców górskich (warstwy lodu dostarczają wskazówek na temat każdego roku historii Ziemi od czasu powstania najgłębszej warstwy – lód zawiera bąbelki powietrza z każdego roku; naukowcy analizują bąbelki w każdej warstwie, aby sprawdzić, ile CO₂ zawierają)
- rdzenie osadów dennych jezior lub dna oceanicznego (dostarczają informacji o przeszłych zmianach klimatu; przykładowo skład osadów – na przykład zawartość żelaza – różni się w okresie mokrym i suchym)

Wyniki badań historycznych czy paleoklimatycznych klimatu dowodzą, że ocieplenie klimatu, które teraz obserwujemy zachodzi mniej więcej dziesięć razy szybciej niż średnie tempo ocieplania się w przeszłości. Zmiana poziomu dwutlenku węgla pochodzącego z działalności człowieka w atmosferze jest ponad 250 razy szybsza niż zmiana poziomu CO₂ pochodzącego ze źródeł naturalnych, która miała miejsce po ostatniej epoce lodowcowej.

Te zbiory danych, gromadzonych od wielu lat, są sygnałami zmieniającego się klimatu¹.

¹ <https://climate.nasa.gov/evidence/>

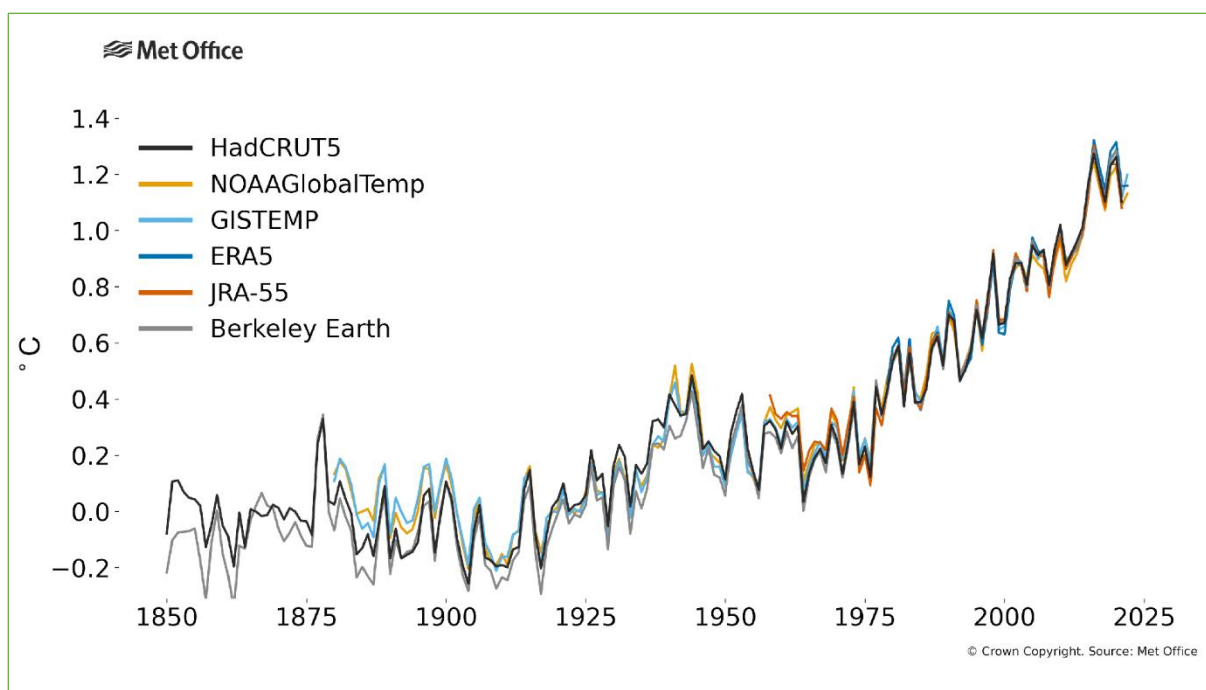


Współczesne i przyszłe ocieplenie na tle historycznych zmian klimatu – skąd się bierze takie dane?

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/wspolczesne-i-przyszle-ocieplenie-na-tle-histerycznych-zmian-klimatu-skad-sie-bierze-takie-dane-447/>

Wzrost temperatury globalnej

Od końca XIX w. średnia temperatura powierzchni Ziemi wzrosła o około 1 stopień Celsjusza. Najszybszy wzrost miał miejsce w ciągu ostatnich 40 lat, przy czym najcieplejsze siedem lat przypadło na lata 2015-2021 (rysunek 7.1).



Rysunek 7.1. Zmiana temperatury globalnej od 1850 do 2021 r. w porównaniu do średniej temperatury w okresie 1850-1900.



Animacja w formie barwnej mapy pokazuje postęp zmian temperatury powierzchni Ziemi w latach 1884-2021. Ciemnoniebieski wskazuje obszary chłodniejsze niż przeciętnie. Ciemnoczerwony oznacza obszary cieplejsze niż przeciętnie.

<https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>

Animacja pokazująca średnią roczną temperaturę w Polsce w kolejnych dekadach od 1961 roku

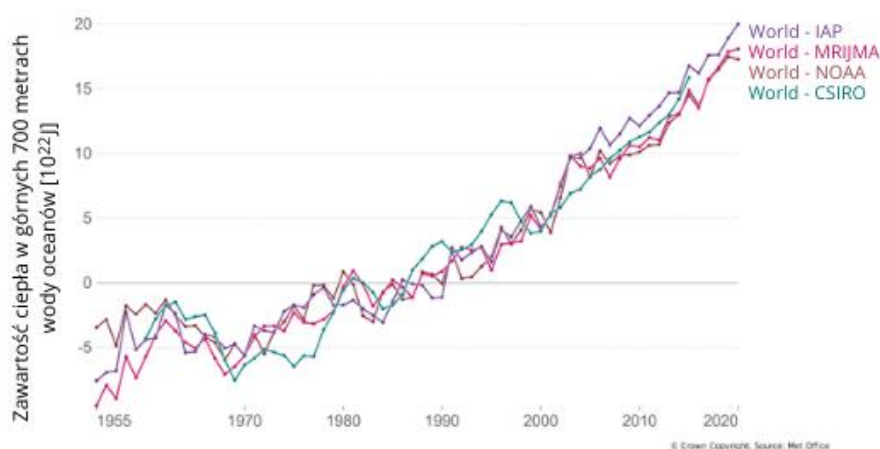
https://naukaoklimacie.pl/cdn/upload/60ad3800bebb0_anim3.gif

Wersja w postaci pojedynczych map

<https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/zmiany-sredniej-temperatury-rocznej-na-mapie-polski/>

Ocieplenie oceanów

Większość ciepła (nadwyżki energii), które pojawiło się w ziemskim systemie klimatycznym zaabsorbowane (pochłonięte) zostało przez wody oceanów. Od 1969 roku temperatura wierzchnich 100 metrów oceanu wzrosła o ponad 0,33 stopnia Celsjusza. Wykres na rysunku 7.2 pokazuje zmianę zawartości ciepła w wodach oceanów na świecie.

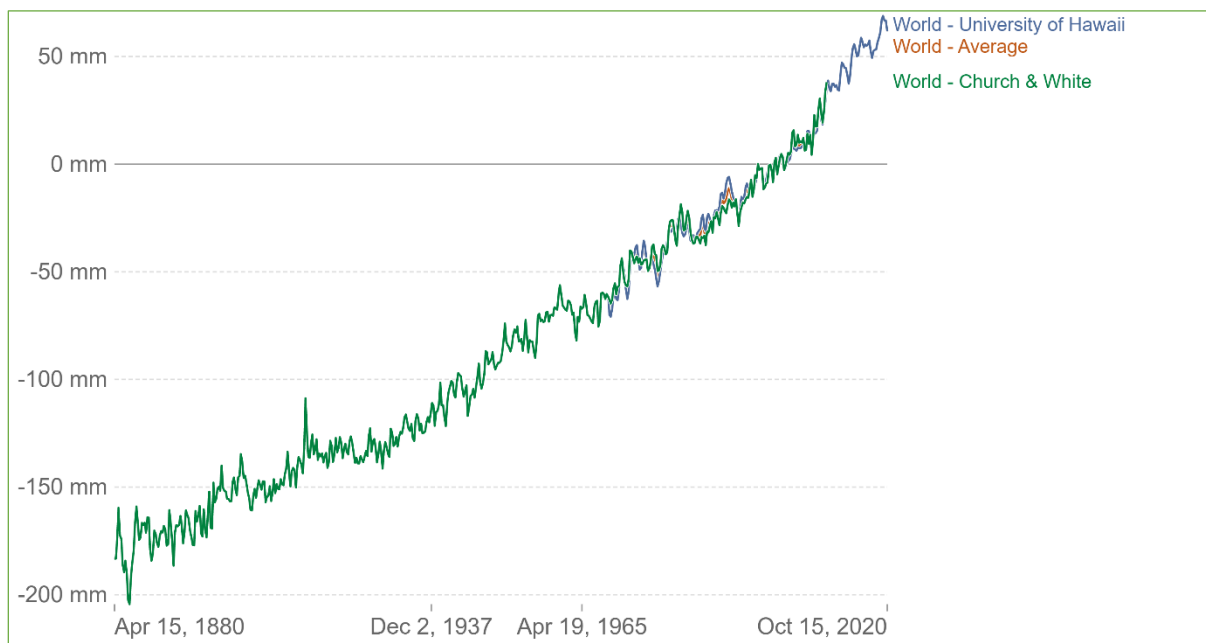


Rysunek 7.2. Zawartość ciepła w górnych 700 metrach wody oceanów (mierzona w stosunku do średniej z lat 1971–2000).

Źródło: EPA; https://ourworldindata.org/explorers/climate-change?facet=none&Metric=Ocean+heat+content+%28top+700m%29&Long-run+series%3F=false&country=~OWID_WRL




Wzrost poziomu morza

Rosnące temperatury na świecie powodują topnienie lodowców i pokryw lodowych, co z kolei powoduje dopływ większej ilości wody do mórz i oceanów. Ponieważ oceany pochłaniają nawet 90% nadmiarowej energii (ciepła) w wyniku zjawiska rozszerzalności cieplnej woda w morzach i oceanach zajmuje więcej miejsca. Oba procesy przyczyniają się do wzrostu poziomu mórz i oceanów (rysunek 7.3).



Rysunek 7.3. Globalny wzrost średniego poziomu morza mierzony w stosunku do średniego poziomu morza w latach 1993-2008.

Źródło: NOAA, https://ourworldindata.org/explorers/climate-change?facet=none&Metric=Sea+level+rise&Long-run+series%3F=false&country=~OWID_WRL

	<p>Komunikat 02/2021 interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy prezesie PAN na temat zmiany klimatu i wzrostu poziomu morza</p> <p>https://klimat.pan.pl/wp-content/uploads/2021/05/Komunikat_02_2021_w_sprawie-wzrostu-poziomu-morza_2001_01_26_FINAL_doc.pdf</p>
	<p>Nauka o klimacie. Ocieplenie oceanów – co oznacza i czym się może skończyć?</p> <p>https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/ocieplenie-oceanow-co-oznacza-i-czym-sie-moze-skonczyz-259/</p> <p>Instytut Oceanologii PAN. Czym różni się topnienie lodowców od kry morskiej?</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=wHu_UBiuG_I</p>
	<p>Proste doświadczenie, które pomaga zrozumieć różnice między lodem morskim a tzw. lądolodem i pokazuje jakie są skutki wynikające z ich topnienia</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=P6MDwiJ-gv0</p>

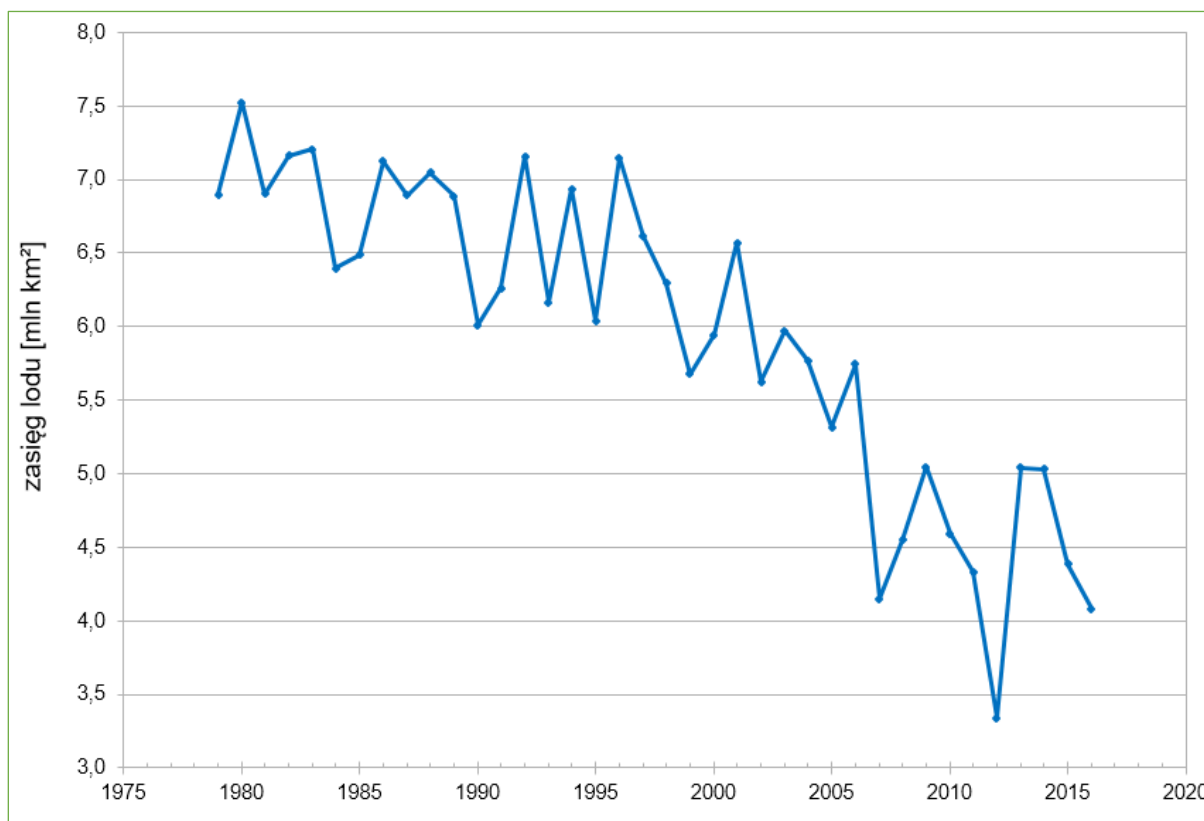
Kurczące się pokrywy lodowe

W lodowcach Grenlandii i Antarktyki znajduje się ponad 99% słodkiej wody na Ziemi. W wyniku wzrostu temperatury Ziemi masa lodowców Grenlandii i Antarktyki zmniejszyła się. Dane NASA (Gravity

Recovery and Climate Experiment) pokazują, że w latach 1993-2019 Grenlandia traciła średnio 279 miliardów ton lodu rocznie, podczas gdy Antarktyda około 148 miliardów.


Malejący zasięg arktycznego lodu morskiego

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zarówno zasięg, jak i grubość arktycznego lodu morskiego gwałtownie spadły (rysunek 7.4). Zasięg arktycznego lodu morskiego osiąga swoje minimum we wrześniu. Zasięg ten, w stosunku do średniej z lat 1981-2010, zmniejsza się obecnie w tempie 13% na dekadę. Wykres na rysunku przedstawia powierzchnię arktycznego lodu morskiego każdego września od 1979 r., uzyskaną na podstawie obserwacji satelitarnych.



Rysunek 7.4. Zmiana zasięgu pływającego lodu morskiego w Arktyce podczas wrześniowego minimum.


Źródło: Obserwacje satelitarne, NSIDC/NASA.

	<p><u>Wersja dla młodszych uczniów</u></p> <p>Wizualizacja pokazująca zmianę zasięgu wrześniowego minimum arktycznego lodu morskiego od 1979 roku. Pod koniec każdego roku pokrywa lodu morskiego osiąga swój minimalny zasięg, pozostawiając tak zwaną wieloletnią pokrywę lodową. Od rozpoczęcia obserwacji satelitarnych w 1979 roku powierzchnia ta stale się zmniejsza.</p> <p>https://climatekids.nasa.gov/time-machine/</p>
	<p><u>Wersja dla starszych uczniów</u></p>

	<p>Animacja pokazująca serie czasowe dla rocznego minimum wrześniowego lodu morskiego w Arktyce od 1979 r., oparte na obserwacjach satelitarnych. Zasięg lodu morskiego w 2012 r. był najniższy od czasu rozpoczęcia obserwacji.</p> <p>https://climate.nasa.gov/interactives/global-ice-viewer/#/3/7</p>
	<p>Zanik lodu w Arktyce: bezprecedensowe zjawisko czy naturalna zmienność?</p> <p>https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/zanik-lodu-w-arktyce-bezprecedensowe-zjawisko-czy-naturalna-zmienosc-187/</p>

Znikające lodowce

Lodowce górskie cofają się prawie na całym świecie – w tym w Alpach, Himalajach, Andach, Górach Skalistych, na Alasce i w Afryce, chociaż kilka lodowców utrzymuje się lub przyrasta. Jednak przeważający trend pokazuje cofanie się i zanikanie lodowców.

	<p>Znikające lodowce tropikalne – dlaczego ich żałujemy?</p> <p>https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/znikajace-lodowce-tropikalne-dlaczego-ich-zalujemy/</p>
---	---

Zmniejszająca się pokrywa śnieżna

Obserwacje satelitarne pokazują, że w ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat grubość pokrywy śnieżnej na półkuli północnej w okresie wiosennym zmniejszyła się, a topnienie śniegu rozpoczyna się wcześniej.

Ekstremalne zjawiska pogodowe

Wzrasta liczba zjawisk ekstremalnych, takich jak fale upałów, susze, powodzie, huragany i intensywne opady deszczu.

4. Co powoduje zmianę klimatu?

Klimat Ziemi zmienia się od czasu jej powstania 4,5 miliarda lat temu. W ciągu ostatniego miliona lat Ziemia doświadczyła szeregu epok lodowcowych, w tym okresów chłodniejszych (glacjalny) i cieplejszych (interglacjalny). Cykle glacialno-interglacjalne następują po sobie mniej więcej co 100 000 lat, co spowodowane jest zmianami orbity Ziemi wokół Słońca. Od kilku tysięcy lat Ziemia znajduje się w okresie interglacjalnym ze średnią temperaturą pozostającą na stałym poziomie.

Mimo że istnieją naturalne przyczyny zmiany klimatu jednak na podstawie dowodów naukowych wiemy, że nie są one główną przyczyną zmiany, którą obserwujemy teraz. Od rewolucji przemysłowej w XIX wieku działalność człowieka stała się główną przyczyną zmiany klimatu. Spalając paliwa kopalne, takie jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, rozwijając przemysł i zmieniając sposób użytkowania gruntów, coraz więcej gazów cieplarnianych trafia do atmosfery, zatrzymując więcej ciepła i ogrzewając planetę w znacznie szybszym tempie.

4.1. Naturalne przyczyny zmiany klimatu

Główną przyczyną zmiany klimatu jest działalność człowieka, w tym emisje gazów cieplarnianych. Jednak istnieją również naturalne przyczyny prowadzące do zmian w systemie klimatycznym Ziemi. Niektóre z nich przedstawiono poniżej.

Cykle Milankowicia

W trakcie ruchu obrotowego wokół Słońca tor i nachylenie osi Ziemi w stosunku do ekliptyki ulegają niewielkim zmianom. Zmiany te, nazywane cyklami Milankowicia, wpływają na ilość promieniowania słonecznego, które dociera do Ziemi, co z kolei może wywoływać zmiany średniej temperatury Ziemi. Jednak zmiany te zachodzą podczas tysięcy lub setek tysięcy lat i nie są odpowiedzialne za zmianę klimatu obserwowaną obecnie.

Oscylacja południowa (ang. ENSO – El Niño Southern Oscillation)

Oscylacja południowa to zjawisko zmiany temperatury wody w Oceanie Spokojnym. W roku „El Niño” globalna temperatura wzrasta, a w roku „La Niña” ochładza się. Wzorce te mogą wpływać na globalną temperaturę przez krótki czas (miesiące lub lata), ale nie mogą wyjaśnić trwałego ocieplenia, które obserwujemy dzisiaj.

Natężenie promieniowania słonecznego

Zmieniająca się ilość energii docierającej do Ziemi ze słońca wpływała w przeszłości na temperaturę Ziemi. Jednak obecnie nie obserwuje się zmian w aktywności Słońca na tyle silnych, aby mogły być odpowiedzialne za dzisiejsze zmiany temperatury Ziemi. Dodatkowo wzrost natężenia energii słonecznej spowodowałby ogrzanie całej atmosfery Ziemi, a obecnie ocieplenie obserwujemy tylko w dolnej warstwie.

Wybuchy wulkanów

Wpływ wulkanów na klimat nie jest jednoznaczny. W trakcie wybuchów do atmosfery wyrzucane są cząsteczki aerozolu, które przyczyniają się ochładzania Ziemi, ale jednocześnie uwalniany jest dwutlenek węgla, który powoduje ocieplenie. W wyniku wybuchów wulkanów emitowane jest 50 razy mniej dwutlenku węgla niż w wyniku działalności ludzi, a dominującym skutkiem wybuchów wulkanów jest ochłodzenie, a nie ocieplenie, więc wiemy, że wulkany nie są główną przyczyną globalnego ocieplenia.

Naturalne cykle klimatyczne mogą zmieniać temperaturę na Ziemi, ale zmiany, które obserwujemy obecnie, zachodzą w skali i tempie, których naturalne cykle nie są w stanie wyjaśnić.

4.2. Antropogeniczne przyczyny zmiany klimatu

Gazy cieplarniane zatrzymują ciepło Słońca w ziemskiej atmosferze. W atmosferze ziemskiej znajduje się pewna ilość gazów cieplarnianych, co utrzymuje na Ziemi stałą temperaturę. Jednak zbyt wysokie stężenie gazów cieplarnianych powoduje wzrost globalnej temperatury – globalne ocieplenie.

Naukowcy są zgodni, biorąc pod uwagę dostępne dowody, że główną przyczyną zmiany klimatu jest działalność człowieka. W swoim najnowszym raporcie stwierdził to jednoznacznie Międzyrządowy

Zespół ds. Zmiany Klimatu. Głównym powodem ocieplania się Ziemi są gazy cieplarniane emitowane do atmosfery w wyniku działalności ludzkiej². Gazy cieplarniane pochodzą z różnych źródeł.

Spalanie paliw kopalnych

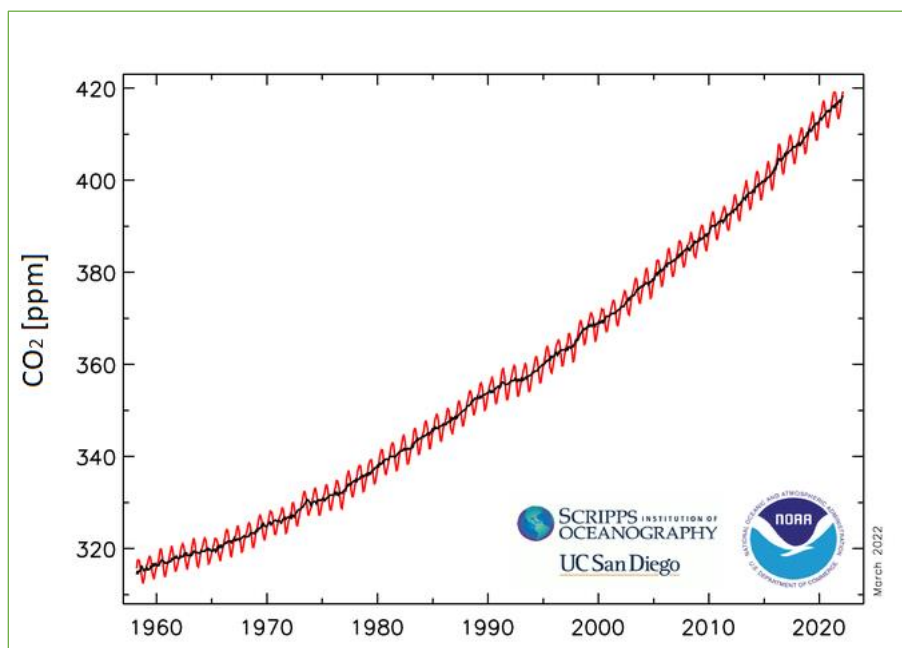
Paliwa kopalne, takie jak ropa naftowa, gaz i węgiel, zawierają dwutlenek węgla, który jest w nich związany od tysięcy lat. Kiedy spalamy paliwa kopalne, uwalniamy zmagazynowany dwutlenek węgla do powietrza.



Global Carbon Atlas 2021 (Światowy Atlas Węglowy 2021) to platforma do analizy i wizualizacji aktualnych danych o obiegu węgla w środowisku (zarówno z procesów naturalnych jak i z działalności człowieka)

<http://www.globalcarbonatlas.org/en/content/welcome-carbon-atlas>

Obecnie w atmosferze jest więcej dwutlenku węgla niż kiedykolwiek w ciągu ostatnich 2 milionów lat. W XX i XXI wieku poziom dwutlenku węgla wzrósł o 40%. Wykres na rysunku 7.5 pokazuje miesięczną średnią zawartość dwutlenku węgla w powietrzu mierzoną w Obserwatorium Mauna Loa na Hawajach. Dane dotyczące zawartości dwutlenku węgla w powietrzu pochodzące z Mauna Loa to najdłuższy zapis bezpośrednich pomiarów CO₂ w atmosferze – rozpoczęto je w 1958 roku.



Rysunek 7.5. Stężenie miesięczne stężenie dwutlenku węgla (CO₂) w atmosferze w latach 1958 – 2021, mierzone przez Obserwatorium Mauna Loa na Hawajach.

Źródło: Scripps Institution of Oceanography; NOAA Global Monitoring Laboratory.

² IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - The latest IPCC report is the global go-to source for the latest research on climate change: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

Linia czerwona przedstawia średnią miesięczną wartość stężenia dwutlenku węgla. Linia czarna również przedstawia średnie miesięczne stężenie CO₂, ale po korekcie uwzględniającej wahania sezonowe.



Historyczne stężenia atmosferycznego dwutlenku węgla od 800 000 lat temu do 2021 roku:

<https://youtu.be/Mr84tEbCQsG>

Wylesianie

Lasy pobierają dwutlenek węgla z atmosfery i go magazynują. Wycinanie lasów pod gospodarstwa lub pastwiska lub w celu produkcji drewna oznacza szybsze gromadzenie się dwutlenku węgla, ponieważ nie ma drzew, które mogłyby go wchłonąć. Co więcej, po spaleniu drewna zmagazynowany w nich węgiel uwalniany jest w postaci dwutlenku węgla.

Rolnictwo

Uprawa roślin i hodowla zwierząt powodują emisję do powietrza wielu różnych rodzajów gazów cieplarnianych. W układzie pokarmowym zwierząt hodowlanych powstaje metan, który jest gazem cieplarnianym, którego potencjał cieplarniany – czyli wpływ, jaki wywiera na efekt cieplarniany – jest 28 razy silniejszy niż dwutlenku węgla. Potencjał cieplarniany podtlenku azotu stosowanego w nawozach jest dziesięć razy silniejszy niż metan i prawie 300 razy silniejszy niż dwutlenek węgla.

Produkcja cementu

Produkcja cementu jest kolejną działalnością człowieka przyczyniającą się do zmiany klimatu przez 2-5% udział w całkowitej naszej emisji dwutlenku węgla.

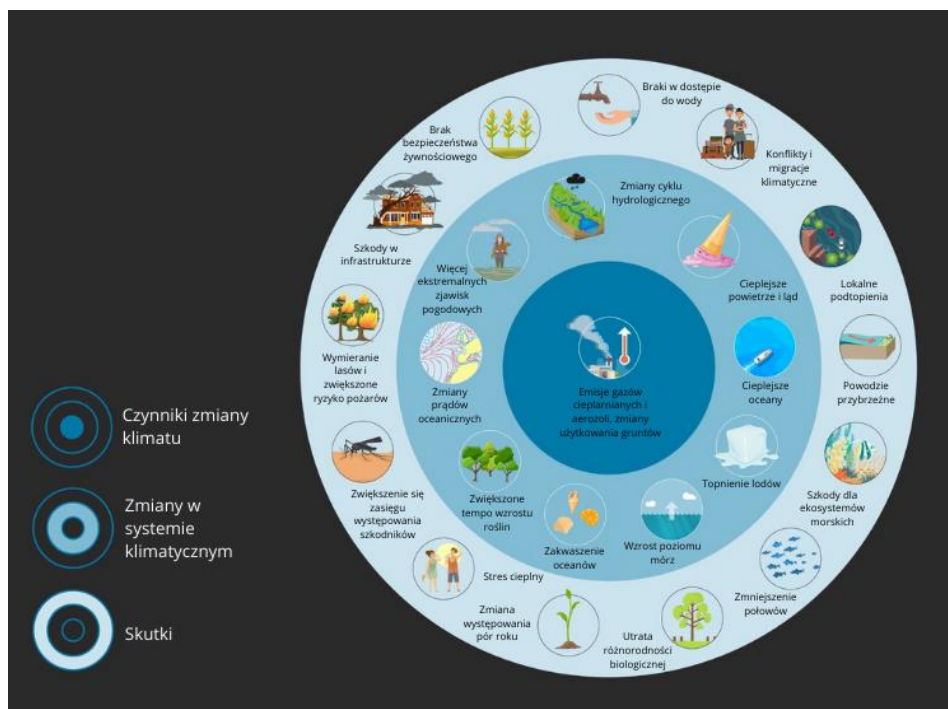
5. Jakie są skutki zmiany klimatu

Działalność człowieka – od uwalniania gazów cieplarnianych i aerozoli do atmosfery po zmianę użytkowania gruntów – jest głównym motorem zmiany klimatu.

Zmiana klimatu ma różne skutki w różnych częściach świata. Niektóre miejsca ocieplają się znacznie bardziej niż inne, w niektórych regionach jest więcej opadów, podczas gdy innych narażone są na częstsze susze. Regionalne zmiany temperatury i opadów mają wpływ na ludzi, naturalne ekosystemy, różnorodność biologiczną i gospodarkę.

Zmiana klimatu wpływa na ludzi na różne sposoby w różnych częściach świata. Poziom oddziaływanie zależy od klimatu danego obszaru i zamożności kraju. Zmiana klimatu powoduje, że wiele ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak fale upałów, susze, powodzie, huragany, burze zimowe i przybrzeżne fale sztormowe, staje się bardziej intensywnych i częstszych. Ekstremalne zjawiska pogodowe mogą powodować straty i zagrażać życiu ludzi. Ponadto często skutki zmiany klimatu są „czynnikami stresu”, czyli powodują zaostrzenie istniejących problemów.

System klimatyczny pozostaje w równowadze i nawet niewielkie zmiany mogą mieć znaczące konsekwencje (rysunek 7.6).



Rysunek 7.6. Skutki zmian klimatu.

Źródło: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/effects-of-climate-change>



Climate Visuals to strona internetowa i biblioteka obrazów – wyjątkowe i zaufane źródło dla ponad 350 grup zajmujących się zmianą klimatu i środowiska, dziennikarzy, edukatorów i firm, umożliwiającą pokazanie w sposób obrazowy zmian klimatu. W oparciu o siedem podstawowych zasad skutecznej komunikacji wizualnej zasób oferuje bibliotekę obrazów związanych z różnymi aspektami zmiany klimatu.




<https://climatevisuals.org/>

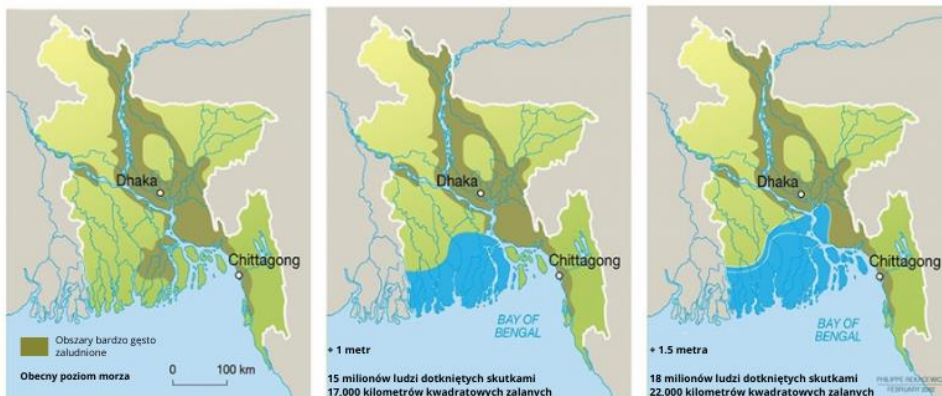
Deszcze nawalne

Ciepłejsze powietrze może pomieścić więcej pary wodnej, więc w ocieplającym się klimacie średnia globalna ilość opadów wzrośnie a ulewne deszcze nasilą się. Duża ilość deszczu padającego w krótkim czasie może powodować przeciążenie kanalizacji deszczowej oraz doprowadzić do niebezpiecznych, niszczycielskich powodzi i lawin błotnych. W mocno zabetonowanych obszarach miejskich i miastach efekt jest bardziej dotkliwy, ponieważ woda nie może wsiąkać bezpośrednio w glebę. Powodzie powodują poważne szkody w budynkach i systemach transportowych, które mogą być bardzo kosztowne i trudne do naprawienia. Wody wypłukują składniki odżywcze z gleby i mogą prowadzić do zanieczyszczenia wrażliwych ekosystemów i zbiorników wody pitnej.

Zalanie regionów przybrzeżnych w wyniku wzrostu poziomu mórz

Podnoszący się poziom mórz powoduje problemy dla ludzi na całym świecie. Wiele osób będzie zmuszonych opuścić swoje domy, jednak na tę liczbę wpływ będzie miało to, czy już dziś uda się zmniejszyć globalne emisje gazów cieplarnianych oraz stopień ochrony przeciwpowodziowej.

	<p>Interaktywna mapa, na której można sprawdzić, które tereny są zagrożone podtopieniami</p> <p>https://coastal.climatecentral.org/</p>
	<p>Prawie 4 na 10 osób (39%) mieszka w promieniu 100 kilometrów od linii brzegowej i jest narażonych na ryzyko powodzi, jeśli poziom mórz będzie się nadal podnosił. 600 milionów z nich żyje w „niskiej strefie przybrzeżnej”, a 200 milionów na przybrzeżnych równinach zalewowych.</p>
	<p>Znaczna część obszaru przybrzeżnego Bangladeszu znajduje się na poziomie morza. W związku z tym wzrost poziomu mórz spowoduje powszechne powodzie (rysunek 7.8). Ten nisko położony obszar, narażony na powodzie, zamieszkuje 18 milionów ludzi.</p>



Rysunek 7.7. Skutki zmian poziomu morza w Bangladeszu

Źródło: <https://scied.ucar.edu/image/sea-level-change-bangladesh>

Powodzie

Innym zagrożeniem jest wzrost częstości występowania powodzi. W krajach, w których regularnie występują powodzie, takich jak Bangladesz, będą one jeszcze częstsze, powodując większe ryzyko dla ludności.

Szkody w ekosystemach morskich

Rosnące temperatury, podnoszące się wody mórz, topniejący lód i inne zmiany mogą zagrozić siedliskom wielu roślin i zwierząt. Niektóre gatunki są w stanie znaleźć nowe siedliska, jednak inne mogą mieć trudności z przystosowaniem się do nowych warunków i mogą stać się zagrożone lub wyginąć.

Rosnąca temperatura wód oceanicznych, ich zakwaszenie i niedotlenienie (brak tlenu) są szkodliwe dla organizmów morskich, takich jak ryby i rafy koralowe. W wyniku pochłaniania dwutlenku węgla przez oceany ich zakwaszenie rośnie. Może to zagrozić przetrwaniu koralowców i organizmów tworzących muszle, co z kolei może zagrozić całemu łańcuchowi pokarmowemu, którego są częścią.



Życie w morzach i oceanach: Wpływ zmiany klimatu pod powierzchnią

<https://climatescience.org/pl/advanced-consequences-ocean-life>

Utrata różnorodności biologicznej

Zmieniający się klimat oznacza zmianę siedlisk. To z kolei jeszcze bardziej nasila skutki zmiany klimatu, które powodują utratę różnorodności biologicznej. Utrata różnorodności biologicznej opisuje spadek liczby, zmienności genetycznej i różnorodności gatunków oraz zbiorowisk biologicznych na danym obszarze. Ta utrata różnorodności życia może doprowadzić do załamania się funkcjonowania ekosystemu, w którym nastąpił spadek³.



Różnorodność biologiczna to różnorodność życia występująca w danym miejscu na Ziemi lub często całkowita różnorodność życia na Ziemi. Powszechną miarą tej różnorodności, zwaną bogactwem gatunkowym, jest liczba gatunków na danym obszarze. Różnorodność biologiczna obejmuje również różnorodność genetyczną w obrębie każdego gatunku oraz różnorodność ekosystemów tworzonych przez te gatunki⁴.

Zmiana pór roku

W wyniku globalnego ocieplenia zmieniają się wzorce i czas trwania pór roku. W latach 1952-2011 średnia długość lata na północnych szerokościach geograficznych wzrosła z 78 do 95 dni, a długość zimy skurczyła się z 76 do 73 dni. Nawet niewielkie zmiany w porach roku, takie jak ta, mogą prowadzić do zmian w ekosystemach, a także powodować zagrożenia dla zdrowia. Zmiana w porach roku może negatywnie wpłynąć na produkcję roślinną lub zwiększyć występowanie chorób przenoszonych przez komary. Dłuższe lata mogą zwiększyć długość fal upałów i występowanie pożarów⁵.

Stres cieplny

Fale upałów definiuje się jako serię następujących po sobie dni z wyjątkowo wysokimi temperaturami powietrza. W miarę ocieplania się Ziemi coraz więcej obszarów będzie zagrożonych gorętszymi i częstszymi falami upałów.

Narażenie na wysokie temperatury wywołuje choroby powodowane upałami, takie jak powikłania sercowo-naczyniowe i oddechowe oraz choroby nerek, może też prowadzić do śmierci. Do grup szczególnie narażonych na stres cieplny należą osoby starsze, niemowlęta i dzieci, osoby z przewlekłymi schorzeniami, osoby pracujące na zewnątrz i osoby o niskich dochodach.

Fale upałów wpływają negatywnie również na ekosystemy, zwierzęta gospodarskie i infrastrukturę. W czasie intensywnych upałów krowy mleczne dają mniej mleka, rośliny uprawne wolniej rosną, a drogi asfaltowe ulegają odkształceniu. Podczas fal upałów systemy energetyczne są przeciążone w wyniku wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną do klimatyzacji, co czasami prowadzi do przerw w

³ <https://www.britannica.com/science/biodiversity-loss>

⁴ <https://www.britannica.com/science/biodiversity>

⁵ Changing Lengths of the Four Seasons by Global Warming, <https://doi.org/10.1029/2020GL091753>

dostawie prądu co z kolei obciąża systemy łączności i reagowania kryzysowego. Fale upałów w połączeniu z suszą mogą zwiększyć prawdopodobieństwo pożarów.

Na obszarach miejskich w trakcie upałów budynki, drogi i infrastruktura pochłaniają ciepło, co prowadzi do wzrostu temperatury w porównaniu z obszarami pozamiejskimi – zjawisko to znane jest miejska wyspa ciepła. Efekt ten jest najbardziej intensywny w ciągu dnia, ale powolne uwalnianie ciepła w nocy może sprawić, że miasta będą znacznie cieplejsze niż otaczające je obszary.

Spadek bezpieczeństwa żywnościowego

Zmiana klimatu wpływa na systemy rolne w złożony sposób. Rosnące stężenie dwutlenku węgla w atmosferze, wyższe temperatury, zmiany rozkładu opadów, ekstremalne zjawiska pogodowe, powódzie i susze wpływają na ilość, jakość i stabilność produkcji żywności. Rolnictwo, bardziej niż wiele innych gałęzi przemysłu, odczuwa skutki zmieniających się pór roku. Wielu rolników na całym świecie cierpi z powodu nasilających się powodzi, które niszczą ich uprawy i glebę, lub stoi w obliczu pożarów, które niszczą nie tylko uprawy i zwierzęta gospodarskie, ale także firmy, domy i dziką przyrodę. Podwyższone temperatury i brak opadów mogą powodować dotkliwie susze. We wszystkich tych przypadkach zapasy żywności są zagrożone, a żywność staje się droższa i trudniej dostępna.

Požary lasów

Są to pożary, w których duże obszary lasów i zarośli ulegają spaleniom. Gdy nie są kontrolowane pożary te mogą niszczyć domy i powodować ofiary śmiertelne wśród ludzi. W ostatnich latach wzrosła liczba dużych pożarów lasów i długość sezonu, w którym są one najbardziej prawdopodobne i groźne.

Konflikty i uchodźcy klimatyczni

Zmiana klimatu jest czynnikiem zwielokrotniającym stres – może sprawić, że istniejące problemy, takie jak brak pożywienia lub schronienia, pogłębią się. Może to spowodować, że ludzie będą walczyć o zasoby (żywność, wodę i schronienie) lub migrować.

Jeśli klimat będzie się nadal zmieniał wiele obszarów na świecie przestanie nadawać się do zamieszkania i życia, co może zmusić ludzi do opuszczenia swoich domów. Klimat jest tylko jednym z wielu czynników wpływających na migracje ludzi, ale w przyszłości jego wpływ będzie coraz większy.

6. Jakie są rozwiązania problemów powodowanych przez zmianę klimatu?

Chociaż zmiana klimatu może brzmieć groźnie, wciąż mamy czas, aby uniknąć niektórych z najgorszych skutków. Każdy może działać na rzecz walki ze zmianami klimatycznymi, w tym rząd, przedsiębiorstwa i jednostki.

Są dwie główne rzeczy, które musimy zrobić::

- 1) Musimy ograniczyć emisję gazów cieplarnianych odpowiedzialnych za zmianę klimatu (przeciwdziałanie zmianie klimatu)
- 2) Musimy przygotować się do życia w zmieniającym się klimacie (adaptowanie się do zmiany klimatu)

Doroczna „Konferencja Stron” (COP) została powołana przez Organizację Narodów Zjednoczonych w celu koordynowania globalnych działań w zakresie przeciwdziałania zmianie klimatu. Ograniczenie wzrostu temperatury na świecie do 1,5°C jest powszechnie akceptowane jako granica, która pozwoli zapobiec bardzo poważnym i szkodliwym skutkom zmiany klimatu. Celem Konferencji w Paryżu w 2015 r. (COP21) było osiągnięcie prawnie obowiązującego i powszechnego porozumienia wszystkich krajów świata w sprawie redukcji gazów cieplarnianych, abyśmy nie przekroczyli wzrostu o 2°C oraz w sprawie zmniejszenia skutków zmiany klimatu, które nieuchronnie wystąpią, zwłaszcza dla osób biedniejszych.

Na najdłuższej w historii konferencji COP, COP26, która odbyła się w Glasgow, kraje uzgodniły cele – osiągnięcie neutralności klimatycznej, zwiększenie finansowania dla krajów rozwijających się narażonych na skutki zmiany klimatu oraz zmniejszenie środków na nowe projekty związane z paliwami kopalnymi. Nie udało się uzgodnić wspólnego stanowiska w odniesieniu do stopniowego odchodzenia od węgla.

W lipcu 2021 roku weszło w życie Europejskie Prawo Klimatyczne. Jest to pierwsze unijne prawo klimatyczne, które nakłada cel osiągnięcia przez Unię neutralności klimatycznej do 2050 r., osiągnięcia ujemnych emisji po 2050 r. i wyznacza pośredni cel klimatyczny polegający na redukcji emisji gazów cieplarnianych netto o co najmniej 55% do 2030 r.



Interaktywna oś czasu: PRZEWODNIK PO NEGOCJACJACH W SPRAWIE ZMIANY KLIMATU

https://www.europarl.europa.eu/infographic/climate-negotiations-timeline/index_en.html

6.1. Przeciwdziałanie zmianie klimatu – mitygacja

Najważniejszym krokiem w kierunku ograniczenia zmiany klimatu jest dokonanie dużych i szybkich redukcji globalnych emisji gazów cieplarnianych. Można to zrobić na wiele różnych sposobów, a rządy, przedsiębiorstwa, organizacje i ludzie z całego świata mogą wnieść swój wkład. Skuteczna ścieżka w stronę przeciwdziałania zmianie klimatu będzie wymagać wdrożenia kombinacji strategii na wszystkich tych poziomach.

Możemy ograniczać emisję gazów cieplarnianych wybierając czystsze źródła ogrzewania i zasilania w energię domów, biur i samochodów, zwiększając efektywność energetyczną i ograniczając marnowanie energii i zasobów.

Produkcja i wykorzystanie energii

Produkcja i wykorzystanie energii to zdecydowanie największe czynniki przyczyniające się do emisji gazów cieplarnianych. Zmieniając sposób, w jaki produkujemy energię, możemy zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych (zob. Moduł 3 Zasoby energetyczne i zarządzanie nimi).

Transport

Sektor transportu ma duży udział w emisji gazów cieplarnianych. Jest również głównym źródłem innych rodzajów emisji, które pogarszają jakość powietrza i zagrażają zdrowiu ludzkiemu. Ograniczenie emisji pochodzących z transportu przyczyni się zarówno do ograniczenia skali zmiany klimatu w przyszłości,



jak i do poprawy jakości powietrza i zdrowia ludzi. Takie korzyści, które wykraczają poza redukcję emisji, są czasami określane jako dodatkowe korzyści.

W celu zmniejszenia zużycia energii w transporcie społeczeństwa mogą podejmować decyzje strategiczne na dużą skalę – przykładowo miasta mogą zdecydować się na budowę sieci transportu publicznego co prowadzi do zmniejszenia zużycia energii w porównaniu do jazdy samochodami, lub budowę infrastruktury rowerowej. Mogą podejmować decyzje dotyczące zagospodarowania dzielnic w taki sposób, że miejsca pracy, szkoły i sklepy znajdują się blisko miejsca zamieszkania ludzi. Przedsiębiorstwa mogą tworzyć zachęty i mechanizmy dla pracowników w celu promowania pracy zdalnej i wspólnych dojazdów. Rządy mogą ustalać normy zużycia paliwa dla pojazdów.

Na poziomie indywidualnym możemy oszczędzać energię ograniczając jazdę samochodem: spacerując, jeżdżąc na rowerze, korzystając z transportu publicznego, czy dojeżdżając wspólnie. Możemy również zdecydować się na zakup produktów, które wymagają mniej transportu, takich jak produkty lokalne lub regionalne, zamiast importowanych owoców i warzyw. Prowadząc samochód możemy zużywać mniej energii jeżdżąc z mniejszą prędkością na autostradzie, dbając o odpowiednie ciśnienie w oponach i wykonując regularne czynności konserwacyjne. Możemy zdecydować się na zakup bardziej oszczędnych samochodów. Czasami możemy zdecydować się na mieszkanie w sąsiedztwie, w którym pracodawcy, usługi i szkoły są blisko i wymagają mniej dojazdów. Niektórzy z nas mogą zdecydować się na pracę z domu.

Budownictwo

Budownictwo to jeden z sektorów o największym potencjale oszczędności energii. W budynkach energia potrzebna jest do ogrzewania, chłodzenia, oświetlenia i innych systemów elektrycznych. Istnieje wiele sposobów na zwiększenie efektywności energetycznej budynków, w tym zainstalowanie wydajniejszego oświetlenia i lepszej izolacji. Emisje gazów cieplarnianych można ograniczyć produkując energię na miejscu za pomocą odnawialnych źródeł energii i innych przyjaznych dla klimatu źródeł energii (panele fotowoltaiczne na dachach, kolektory ciepła do ogrzewania wody, produkcja energii wiatrowej na małą skalę, ogniwa paliwowe zasilane gazem ziemnym lub odnawialnym wodorem oraz energię geotermalną).

Inną strategią pozwalającą przeciwdziałać emisji jest wykorzystanie zielonej infrastruktury. Zielona infrastruktura to strategicznie zaplanowana sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych zaprojektowanych i zarządzanych w celu zapewnienia szerokiego zakresu usług ekosystemowych, takich jak oczyszczanie wody, poprawa jakości powietrza, przestrzeń rekreacyjna oraz łagodzenie i adaptacja do zmiany klimatu. Zielona infrastruktura pomaga zmniejszyć zużycie energii przez zapewnienie cienia, pochłanianie ciepła, blokowanie wiatru. Pochłania również dwutlenek węgla z atmosfery.

Pochłanianie (sekwestracja) dwutlenku węgla

W stanie nienaruszonym rośliny i gleba sekwestrują (zatrzymują) węgiel, który pobrały z atmosfery. Rośliny pobierają węgiel w procesie fotosyntezy, część uwalniają do atmosfery poprzez oddychanie, a część do gleby przez korzenie, a pozostałą część magazynują w swoich tkankach. Sucha masa drzewa to prawie w połowie węgiel. Gleba pochłania węgiel, gdy rośliny obumierają i rozkładają się.

Kiedy ludzie palą lasy lub uprawiają ziemię, do atmosfery uwalnia się dwutlenek węgla. Duży wpływ na emisje dwutlenku węgla mają sposoby zarządzania lasami i gruntami. Leśnictwo może ograniczyć emisję i zwiększyć sekwestrację dwutlenku przez ograniczenie wylesiania oraz zalesianie, w tym sadzenie szybko rosnących lasów.

Rolnictwo

Duży udział w emisji gazów cieplarnianych ma produkcja żywności. Emisje pochodzą z rolnictwa oraz z hodowli. Emisje można zmniejszyć zmieniając sposób uprawy i zarządzania uprawami i zwierzętami gospodarskimi:

- zmniejszyć użycie nawozów oraz produktów chemicznych
- stosować nawozy w sposób zrównoważony
- zmniejszyć udział mięsa w diecie oraz zmienić sposób żywienia zwierząt hodowlanych, ponieważ inwentarz żywy (zwłaszcza krowy) emituje duże ilości metanu
- wdrażać innowacyjne rozwiązania w zakresie zagospodarowania obornika będącego produktem ubocznym hodowli zwierząt

Gospodarka odpadami

Sposób postępowania z odpadami ma znaczący wpływ na środowisko, w tym na emisje gazów cieplarnianych. Techniki gospodarowania odpadami, które pośrednio przyczyniają się do zapobiegania zmianie klimatu obejmują ponowne wykorzystanie materiałów i recykling (zob. moduł 2 Gospodarka odpadami i gospodarka o obiegu zamkniętym).

6.2. Przystosowanie do zmiany klimatu – adaptacja

Nawet gdyby od jutra zatrzymała się emisja gazów cieplarnianych, klimat i tak uległby pewnej zmianie z powodu wyższej zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze pochodzących z wcześniejszych emisji. Musimy więc przygotować budynki, drogi, przedsiębiorstwa i społeczności na skutki zmiany klimatu, których nie możemy uniknąć. Nawet jeśli globalne wysiłki na rzecz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych okażą się skuteczne zmiana klimatu jest nieuchronna i będzie się nasilać w przyszłości. Zmiana klimatu wywiera niekorzystny wpływ na ekosystemy, sektory gospodarki oraz zdrowie i dobrostan ludzi. W związku z tym, oprócz działań na rzecz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, niezbędne jest minimalizowanie zagrożeń wywołanych zmianą klimatu przez wdrażanie działań mających na celu przystosowanie się do skutków zmiany klimatu (adaptacja). Sposoby adaptacji muszą być dostosowane do konkretnych warunków występujących w danym regionie.

Wzrost poziomu morza

Do strategii ochrony wybrzeży i społeczności przed podnoszeniem się poziomu mórz należy budowanie konstrukcji, które osłabiają fale, utrzymywanie i wzmacnianie naturalnych ochronnych cech linii brzegowej, ustalanie ograniczeń i zasad dotyczących tego, czy i jak można zagospodarować na terenach przybrzeżnych oraz przenoszenie infrastruktury i społeczności na tereny położone wyżej. Do skutecznych rozwiązań należy wdrażanie rozwiązań opartych na przyrodzie, takich jak:

- budowanie wydmy
- regenerowanie plaż (np. przez dosypywanie piasku)

- utrzymywanie i zabezpieczenie terenów podmokłych, lasów przybrzeżnych, wysp barierowych i raf ostryg, które pomagają zapobiegać erozji, załamywać fale na morzu i zmniejszać energię napływających fal

Spółeczności mogą ograniczać rozwój zabudowy blisko wybrzeża, gdzie plaże i budynki są najbardziej zagrożone. Mogą tworzyć programy ostrzegania przed powodziami i burzami oraz programy gotowości, aby zapewnić mieszkańcom bezpieczeństwo na miejscu lub w razie potrzeby możliwość ewakuacji.

Niektóre społeczności muszą rozważyć relokację, która może obejmować przeniesienie na tereny wyżej położone infrastruktury krytycznej, takiej jak szpitale, oczyszczalnie ścieków i mosty, ale może również obejmować przeniesienie całych miejscowości lub dzielnic w głąb lądu.

Deszcze nawalne

Jednym ze sposobów, w jaki miasta mogą poradzić sobie z nasileniem ulewnych deszczy jest wykorzystanie zielonej infrastruktury. Konwencjonalne sposoby radzenia sobie ze skutkami ulewnych deszczy w miastach polegają na wychwytywaniu deszczu za pomocą rynien i kanałów burzowych (tzw. „szara” infrastruktura) i odprowadzaniu wody rurami do pobliskich strumieni, rzek lub jezior. Wraz ze wzrostem intensywności ulewnych deszczy wiele systemów burzowych będzie musiało zostać przeprojektowanych i przebudowanych, co jest kosztowne. Wykorzystanie zielonej infrastruktury, takiej jak gleba i rośliny pozwala na zatrzymanie nadmiaru wody opadowej, która mogłaby potencjalnie zalać ulice i dzielnice, i umożliwia jej oczyszczenia.

Przykłady zielonej infrastruktury:

- ogród deszczowy, który zbiera i pochłania wodę deszczową, zmniejszając zanieczyszczenie i zapobiegając powodziom
- ogród deszczowy w postaci kanału prowadzącego wzdłuż ulicy lub parkingu, który pochłania i filtruje wodę, a także spowalnia przepływ wody wzdłuż kanału, zmniejszając ryzyko powodzi
- nawierzchnia przepuszczalna na obszarach utwardzonych, takich jak parkingi, co umożliwia odpływ wody do gruntu poniżej

Ostateczną strategią dostosowania się do rosnącej częstotliwości deszczów nawalnych jest przeniesienie kluczowej infrastruktury z obszarów zagrożonych powodzią i zlokalizowanie nowych konstrukcji z dala od tych obszarów.

Stres cieplny

Do strategii budowania odporności na ekstremalne upały należą:

- identyfikowanie grup wrażliwych na upały i tworzenie planów radzenia sobie z upałami, które uwzględnią wszystkich mieszkańców
- dążenie do efektywności energetycznej w celu zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną, zwłaszcza podczas fal upałów

Strategie mające na celu ograniczenie skutków fal upałów i miejskich wysp ciepła często koncentrują się na ograniczeniu absorpcji światła słonecznego. Przykłady to:

- sadzenie drzew wzdłuż ulic miast i na otwartych przestrzeniach, ponieważ rośliny ochładzają powietrze poprzez ewapotranspirację



- zielone dachy – dachy pokryte roślinnością ograniczają pochłanianie ciepła
- malowanie dachów jasną farbą odbijającą promienie słoneczne tam, gdzie nie można wykorzystać roślin, co pomaga utrzymać chłód w budynkach
- wykorzystywanie jaśniejszych materiałów do pokrywania nawierzchni ulic

Ekstremalne zjawiska pogodowe

Przystosowanie się do fal sztormowych jest trudnym wyzwaniem dla tych, którzy mieszkają na wybrzeżu, zwłaszcza że podczas intensywnego huraganu fale sztormowe mogą wznieść się na prawie 10 metrów. Domy można wznosić ponad powierzchnię ziemi, stawiając je na palach (konstrukcjach pionowych), które umożliwiają przepływ wody pod spodem. Można wdrażać przepisy, które wymagają, aby nowe budynki były oddalone od obszarów narażonych na powódzie. Można również chronić i rewitalizować elementy natury, takie jak wydmy i roślinność plażowa, które zapewniają ochronę przed falami sztormowymi.

Strategie adaptacji do silnych wiatrów obejmują stawianie budynków o wzmocnionych konstrukcjach, projektowanie z myślą o silnych wiatrach, ochronę linii energetycznych i innej infrastruktury oraz zapewnianie edukacji na temat bezpieczeństwa w obliczu silnych wiatrów.

Zimowym burzą często towarzyszą silne wiatry i fale sztormowe (wzdłuż wybrzeża), ale niosą one ze sobą dodatkowe zagrożenia związane ze śniegiem, lodem i niskimi temperaturami. Utrata zasilania po zimowej burzy może doprowadzić do przerw w ogrzewaniu budynków, narażając ludzi na niebezpieczeństwo oraz powodując zamrażanie i pękanie rur wodociągowych. Wdrażanie i egzekwowanie przepisów budowlanych może pomóc zmniejszyć ryzyko zawalenia się słabych dachów pod dużymi opadami śniegu i zmniejszyć straty ciepła dzięki zastosowaniu izolacji.

Przewody elektryczne można chronić przed uszkodzeniami spowodowanymi lodem i śniegiem stosując podobne sposoby, jak w celu ochrony przed silnymi wiatrami. Aby zapobiegać znoszeniu i gromadzeniu się śniegu na drogach można instalować ogrodzenia przeciwsnieżne lub rzędy drzew.

Susze

Przystosowanie się do częstszych i dotkliwych susz może obejmować monitorowanie i planowanie, ograniczanie zużycia wody, poprawę i modernizację infrastruktury zaopatrującej w wodę, rozwój i zachęcanie do stosowania roślin odpornych na suszę w ogrodach i uprawach oraz edukowanie społeczeństwa i rolników w zakresie praktyki oszczędzania wody.

Susza negatywnie wpływa na ekosystemy, ale ludzie mogą podjąć działania, aby pomóc roślinom i dzikiej przyrodzie. Jednym z przykładów jest tworzenie przepławek dla ryb. Kiedy strumienie i rzeki wysychają z powodu suszy, rybom znacznie trudniej jest płynąć w górę rzeki na tarło, a niski poziom wody może zagrozić życiu jaj i młodych. Pomoc polega na budowie kanałów o wystarczającym przepływie wody oraz usuwaniu barier, takich jak tamy.

Rolnictwo

Rolnicy są w stanie ograniczać negatywne skutki zmiany klimatu i wykorzystywać pozytywne skutki wdrażając różne działania dostosowawcze, takie jak zastosowanie innych odmian roślin uprawnych, zmiana terminów siewu, modyfikacja nawadniania lub stosowanie praktyk rolno-leśnych.

Transport, telekomunikacja i dystrybucja energii



W przypadku takich sektorów jak transport, telekomunikacja i dystrybucja energii wiele strategii adaptacyjnych polega na stosowaniu rozwiązań technologicznych. Na przykład linie energetyczne mogą wymagać modernizacji polegającej na stosowaniu kabli i transformatorów, które działają dobrze w wysokich temperaturach. W budownictwie i drogownictwie może być potrzebne stosowanie innych materiałów, a systemy transportu publicznego, takie jak pociągi, metro i autobusy, mogą wymagać lepszej klimatyzacji. Ponadto dążenie do energooszczędności na wszystkich poziomach przyczyni się do zmniejszenia obciążenia systemów elektrycznych podczas fal upałów, gdy zapotrzebowanie na energię jest wysokie.

7. Dodatkowe zasoby

Movies that teach kids about climate change

<https://www.commonsensemedia.org/lists/movies-that-teach-kids-about-climate-change>

Guidance in Teaching About Climate and Energy

<https://cleanet.org/clean/literacy/index.html>

Education for Sustainable Development

<https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development>

SDG Resources for Educators - Climate Action

<https://en.unesco.org/themes/education/sdgs/material/13>

8. Dodatkowe wytyczne

Jak rozmawiać, aby zmienić sposób myślenia ⁶:

Zachęcaj do różnorodności w myśleniu. Zachęć uczniów do uznania, że różne społeczności potrzebują różnych działań i nie możemy przyjąć, że jedno ogólne podejście będzie dobre dla wszystkich. Przykładem może być wybór między butelką jednorazową a wielokrotnego użytku – w miejscach gdzie czysta woda pitna jest niedostępna woda w plastikowych jednorazowych butelkach może być jedynym źródłem czystej wody.

Ważne jest wskazywanie znaczenia wspólnych działań i zmian systemowych. Myśląc o przeciwdziałaniu zmianie klimatu, często wydaje nam się, że to jednostki powinny zmienić swoje nawyki. Jednak ważne jest, aby pokazać, że to działania zbiorowe odgrywają istotną rolę w rozwiązaniu kryzysu wywołanego zmianą klimatu. Pisanie listów czy petycji do liderów biznesu, lokalnych polityków i urzędników oraz liderów społeczności przez uczniów jest sposobem na wprowadzenie większych, systemowych zmian.

⁶ World's Largest Lesson. How to talk to children and young people about climate change, <https://worldslargestlesson.globalgoals.org/resource/talking-to-young-people-about-climate-change/>



Zachęcaj uczniów do angażowania się w życie lokalnych społeczności – poczują się bardziej odpowiedzialni za lokalne problemy.

Uznaj emocje uczniów. Często czują się oni przytłoczeni zmianą klimatu i odczuwają „lęk ekologiczny”, wielu uczniów czuje się osamotnionych w swojej trosce o przyczyny i skutki zmiany klimatu. Postaraj się, aby Twoja klasa lub środowisko uczenia się stało się przestrzenią, w której uczniowie mogą wyrazić swoje opinie i uczucia na temat zmiany klimatu. Aby pomóc uczniom wyrazić uczucia można wykorzystać emotikony.